Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2019, p. 196-214 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.77599

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۱ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۹
صفحهٔ ۲۱۴-۱۹۶، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی روند بلندمدت عملکرد و ثبات آن در حبوبات ایران

محمدجواد مصطفوی[1*]، مینا هوشمند[1] و مهدی نصیری‌محلاتی[2]
۱- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(**به‌ترتیب**، mj.mostafavi@mail.um.ac.ir و hooshmand.mina@mail.um.ac.ir)
۲- عضو هیئت علمی (استاد) گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ mnassiri@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۸

چکیده

تغییر اقلیم تأثیر زیادی بر عملکرد گیاهان زراعی و نوسانات سالانه آن دارد و مطالعه روند اثرات گذشته برای تدوین سیاست‌های آینده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این مطالعه داده‌های سالانه عملکرد دیم و آبی حبوبات اصلی کشور شامل نخود، لوبیا و عدس و همچنین کل حبوبات از آمارنامه‌های منتشرشده از سال زراعی ۶۲-۱۳۶۱ تا ۹۵-۱۳۹۴ در پایگاه اطلاعاتی وزارت جهاد کشاورزی استخراج شد. با تحلیل رگرسیون روند بلندمدت عملکرد و سطح زیرکشت، باقیمانده نسبی و آنومالی سالانه عملکرد، ضریب تغییرات عملکرد مورد بررسی قرار گرفت. به‌علاوه، با کاربرد مدل فینلی- ویلکینسون وضعیت ثبات عملکرد حبوبات کشور بررسی شد. یافته‌ها نشان دادند که به‌جُز عملکرد عدس دیم که سالانه ۰/۶ کیلوگرم در هکتار کاهش پیدا کرده، عملکرد سایر حبوبات افزایش یافته است که در این بین، لوبیای دیم و آبی با افزایش سالانه به‌ترتیب ۲۵/۱۷ و ۲۱/۸۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین افزایش عملکرد سالانه را داشته‌اند. ضریب تغییرات عملکرد تمامی حبوبات، ثابت یا افزایشی بوده است و ثبات عملکرد تمامی حبوبات هرساله کاهش قابل‌توجهی یافته است که در این بین لوبیای آبی و دیم، با وجود افزایش عملکرد سالانه بیشترین بی‌ثباتی عملکرد را داشته‌اند. سطح زیرکشت نخود و عدس آبی و لوبیای دیم کاهش و سایر حبوبات افزایش یافته است، اما به‌دلیل این‌که تغییرات سطح زیرکشت نیز به‌طور کلی در جهت افزایش بی‌ثباتی عملکرد بوده است، ثبات عملکرد هرساله افزایش پیدا کرده است. بنابراین تدوین سیاست‌های کلان به منظور حمایت از عملکرد و ثبات حبوبات ضروری به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: آنومالی عملکرد، روند عملکرد، ضریب تغییرات عملکرد، مدل فینلی-ویلکینسو

مقدمه

تغییر اقلیم واقعیتی انکارناشدنی است که به معضلی جهانی در زمینه کشاورزی، تولید غذا و امنیت غذایی تبدیل شده است (Bénézit *et al.*, 2017). نوسانات عملکرد یکی از عوامل قابل‌توجه در ایجاد خلاء عملکرد به‌ویژه در محیط‌های تحت تنش به شمار می‌رود و پیش‌بینی می‌شود که در شرایط پُرتنش اقلیم آینده جهان، مسئله ثبات عملکرد به چالش جدی تری برای حفظ تولیدات کشاورزی و در نتیجه، حفظ امنیت غذایی بدل شود (Cattivelli *et al.*, 2008; Bénézit *et al.*, 2017). علاوه بر ثبات عملکرد، میزان عملکرد گیاهان زراعی نیز تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرد. Koocheki & Nassiri Mahallati (2016) تأثیرپذیری غلات ایران در شرایط تغییر اقلیم را بررسی و گزارش کردند به ازای افزایش هر یک درجه سانتی‌گراد میانگین درجه حرارت، طول دوره رشد گندم و عملکرد آن بین ۹ تا ۱۷ درصد کاهش پیدا خواهد کرد.

طی چند دهه اخیر، پیشرفت‌های تکنیکی و تکنولوژیکی در علوم کشاورزی موجب افزایش قابل‌توجه عملکرد و میزان تولید محصولات کشاورزی شده است، اما به نظر می‌رسد رابطه ای معکوس بین عملکرد بالا و ثبات عملکرد وجود دارد (Nassiri Mahallati, 2014). ارقام جدید و پُرمحصول زراعی برای حفظ عملکرد بالای خود به شرایط بهینه اکولوژیکی و محیطی نیازمندند (Ray *et al.*, 2015) بنابراین تنش‌های محیطی و مدیریت‌های نامناسب زراعی می‌توانند ثبات سالانه عملکرد آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد.

در مطالعات اصلاحی گیاهان زراعی ثبات عملکرد به‌صورت توانایی یک ژنوتیپ برای حفظ عملکرد خود (چه عملکرد بالا و چه پایین) در طیف وسیعی از شرایط محیطی تعریف می‌شود (Finlay & Wilkinson, 1963; FAO, 2019a). تاکنون مفاهیم متفاوتی برای مطالعه ثبات مورد بحث

*نویسنده مسئول: mj.mostafavi@mail.um.ac.ir

بوده است که در این بین ثبات پایا[۱] (تمایل یک ژنوتیپ به حفظ عملکرد در محیط‌های مختلف) و ثبات تنها در طی زمان[۲] (طی سال‌های متمادی یا در یک تناوب‌های زراعی) به دلیل این‌که در اغلب موارد تکرارپذیر هستند، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند (FAO, 2019b). برای ارزیابی ثبات عملکرد تاکنون از روش‌های مختلفی استفاده شده است که از جمله آن‌ها می توان به روش باقیمانده رگرسیون[۳]، مطالعه ضریب تغییرات[۴] عملکرد و مدل فینلی-ویلکینسون[۵] اشاره کرد. روش‌های مختلف تحلیل رگرسیون امروزه به‌طور گسترده‌ای برای بررسی ثبات عملکرد گونه‌های زراعی و مقایسه و اندازه‌گیری کارآیی ژنتیکی ارقام جدید در محیط‌ها یا سال‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Duc *et al.*, 2015). رابطه رگرسیونی عملکرد محصول در سال‌های متوالی، چگونگی روند تغییرات عملکرد در طی زمان را نشان می‌دهد و شیب آن، میزان تغییرات سالانه عملکرد را در طی دوره زمانی مورد مطالعه مشخص می‌کند که ناشی از روش‌های مدیریتی به‌زراعی و به نژادی است (Cassman *et al.*, 2009; Nassiri Mahallati & Koocheki, 2014). باقیمانده این معادله رگرسیونی یعنی اختلاف بین عملکردهای واقعی و پیش‌بینی‌شده برای هر سال، نشان‌دهنده تأثیر شرایط محیطی (آب و هوایی) بر عملکرد بوده و بنابراین شاخصی از ثبات محسوب می‌شود (Calderini & Slafer, 1998). بنابراین پایین‌بودن مقادیر باقیمانده حاکی از ثبات بیشتر و بالابودن آن ثبات کمتر عملکرد در طی زمان را نشان می‌دهد. ضریب تغییرات نیز به‌عنوان شاخصی از میزان ثبات عملکرد در شرایط محیطی مختلف یا دوره‌های زمانی مشخص، میزان انحراف معیار عملکرد یک ژنوتیپ یا گونه زراعی در برابر میانگین عملکرد در طی آن دوره را نشان می دهد (Temesgen *et al.*, 2018). بر این اساس، هرچه تغییرات عملکرد در آن دوره نوسانات بیشتری داشته باشد، ضریب تغییرات بیشتر و در نتیجه ثبات عملکرد پایین‌تر خواهد بود. در تحقیقی روند تغییرات عملکرد گندم و وضعیت ثبات آن در قرن بیستم در ۲۱ کشور مختلف جهان با استفاده از رگرسیون خطی، باقیمانده رگرسیون و باقیمانده نسبی رگرسیون مطالعه شد و مشخص شد که در کشورهای مختلف، پس از گذشت سه تا پنج دهه از آغاز قرن بیستم، افزایش قابل‌توجهی در عملکرد گندم انجام شده تا این‌که این روند در بسیاری از کشورها در دهه پایانی این قرن متوقف شده است. همچنین گزارش شد که ثبات عملکرد گندم ۱۴ کشور از ۲۱ کشور مورد در طی قرن مورد مطالعه کاهش یافته است، اما به دلیل این‌که در این قرن نسبت افزایش عملکرد محصول (نسبت به عملکرد در دهه‌های ابتدایی قرن) به میزان قابل‌توجهی بیشتر از نسبت افزایش باقیمانده رگرسیون بود، روند تغییرات عملکرد ثبات عملکرد گندم در دنیا مثبت بوده است (Calderini & Slafer, 1998).

حبوبات پس از غلات به‌عنوان دومین منبع مهم غذایی ایران (Ministry of Agriculture, 2018) و جهان، از سویی به لحاظ جایگاه ویژه آن‌ها در تناوب‌های زراعی و تقویت حاصلخیزی خاک، پیشگیری از فرسایش خاک و نیز توسعه کشاورزی پایدار هستند و از سویی دیگر به‌دلیل نقشی کلیدی که در تغذیه انسان به‌عنوان منبع پروتئین گیاهی و همچنین ارتقای معیشت کشاورزان دارند، از اهمیت زیادی در سیستم های زراعی برخوردارند، اما با وجود این مزایا، عملکرد آن‌ها نسبت به سایر گیاهان زراعی نوسانات بیشتری دارد (Reckling *et al.*, 2015). بنابراین با توجه به اهمیت این محصولات، پایش شاخص‌های عملکرد آن‌ها همچون ارزیابی روند و ثبات آن، می‌تواند راهگشای سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم گیری‌های آینده به منظور حفظ و ارتقای حضور این گروه از گیاهان باارزش در سیستم‌های زراعی باشد. بر این اساس، هدف از انجام این پژوهش، بررسی و تعیین میزان ثبات عملکرد حبوبات کشور بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های موجود در آمارنامه‌های منتشرشده از سوی مراجع رسمی کشور بود.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها: به منظور بررسی شاخص‌های مختلف ثبات عملکرد حبوبات کشور، کلیه آمار قابل دسترس مربوط به سطح زیرکشت و عملکرد حبوبات دیم و آبی کشور شامل آمار مربوط به نخود (*Cicer arietinum*)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) و عدس (*Lens culinaris*) برای دوره ۳۳ ساله (مربوط به سال زراعی ۶۲-۱۳۶۱ تا ۹۵-۱۳۹۴) از آمارنامه‌های منتشرشده و موجود وزارت جهاد کشاورزی استخراج شده (Ministry of Agriculture, 2018) و مورد استفاده قرار گرفت.

ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس باقیمانده رگرسیون: جهت محاسبه دقیق باقیمانده رگرسیون لازم است که ابتدا مدل رگرسیونی مناسبی برای توصیف روند تغییرات عملکرد هر محصول به‌دست آید. پایین‌بودن ضریب تبیین (R^2) معادله روند موجب افزایش باقیمانده رگرسیون شده و نتایج را غیرقابل

۱. Static stability
۲. Stability only in time
۳. Residuals of regression
۴. Coefficient of variation (CV)
۵. Finlay-Wilkinson model

اتکاء خواهد کرد. بر این اساس، در این مطالعه مدل‌های رگرسیون خطی (معادله ۱) و خطی دوقطعه‌ای (معادله ۲) و سه‌قطعه‌ای (معادله ۳) برای توصیف روند عملکرد هر یک از محصولات تحت بررسی مورد مقایسه قرار گرفت (Calderini & Slafer, 1999؛ Verón *et al.*, 2004) و بهترین مدل بر اساس بزرگ‌ترین ضریب تبیین و نرمال‌بودن توزیع باقیمانده آن‌ها (Calderini & Slafer, 1999) انتخاب شد.

(معادله ۱)

مدل خطی $Y = a + bx$

(معادله ۲)

مدل خطی دوقطعه‌ای
$$Y = a + bx \quad \text{if } x \le c$$
$$Y = a + bc + d(x-c) \quad \text{if } x < c$$

(معادله ۳)

مدل خطی سه‌قطعه‌ای
$$Y = a + bx \quad \text{if } x \le c$$
$$Y = a + bc + d(x-c) \quad \text{if } e \le x < c$$
$$Y = a + bc + d(e-c) + f(x-c) \quad \text{if } x < e$$

که در آن‌ها Y عملکرد، x سال (از ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۵)، a عرض از مبدأ، b سرعت افزایش عملکرد طی اولین مرحله خطی، c سالی که در آن اولین نقطه عطف بروز می‌کند، d سرعت افزایش عملکرد در طی دومین مرحله خطی، e سالی که در آن دومین نقطه عطف معادله روند قرار دارد و f سرعت افزایش عملکرد در طی سومین مرحله خطی می‌باشد (Calderini & Slafer, 1999؛ Veron *et al.*, 2004).

پس از انتخاب مدل، اختلاف بین عملکرد واقعی و پیش‌بینی شده به‌وسیله مدل رگرسیون به‌عنوان باقیمانده عملکرد که شاخصی از ثبات عملکرد می‌باشد، برای هر محصول محاسبه شد. از آن‌جا که در ارزیابی ثبات، تنها قدرمطلق تغییرات عملکرد اهمیت دارد، قدرمطلق تمامی باقیمانده‌های عملکرد محاسبه شده و پس از آن با تقسیم باقیمانده عملکرد بر عملکرد واقعی، باقیمانده نسبی عملکرد به‌وسیله مدل رگرسیونی محاسبه شد تا مشخص شود که باقیمانده عملکرد در هر سال چه درصدی از عملکرد آن سال است (Calderini & Slafer, 1998). نهایتاً با رسم نمودار مقادیر نسبی باقیمانده عملکرد در سال‌های تحت بررسی، روند ثبات عملکرد برای هر محصول به‌دست آمد.

ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس آنومالی عملکرد: آنومالی عملکرد که نشان‌دهنده تغییرات عملکرد هر سال در مقایسه با مقدار بلندمدت آن است نیز برای هر محصول محاسبه شد. مقادیر مثبت یا منفی آنومالی نشان‌دهنده عملکردهایی بیشتر یا کمتر از میانگین بلندمدت هر محصول است، بنابراین روند رگرسیونی آنومالی عملکرد می‌تواند نشان‌دهنده جهت تغییرات عملکرد در طی سال‌های مختلف باشد.

ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس ضریب تغییرات عملکرد: ضریب تغییرات عملکرد برای دوره‌های چهارساله با تقسیم انحراف معیار بر میانگین آن چهارسال به‌دست آمد و معادله رگرسیون خطی آن نیز به منظور تعیین جهت روند ضریب تغییرات عملکرد محاسبه شد (ضریب تغییرات عملکرد دوره منتهی به سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ پنج ساله در نظر گرفته شد). شیب مثبت این معادله (b) به معنای افزایش بی‌ثباتی، شیب منفی به معنای افزایش ثبات و شیب صفر ثبات نسبی ضریب تغییرات عملکرد را در طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد.

ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس مدل فینلی-ویلکینسون: اساس ارزیابی ثبات عملکرد با مدل فینلی-ویلکینسون مقایسه عملکرد یک ژنوتیپ (یا گونه زراعی) با دیگر ژنوتیپ‌ها (یا گونه ها) در دامنه‌ای از شرایط مختلف محیطی یا سال‌های متفاوت است. در این روش، ثبات عملکرد از طریق شیب خط رگرسیون یا اکورگرسیون[1] (Reckling *et al.*, 2015) بین عملکرد یک گونه یا ژنوتیپ (Y) و میانگین عملکرد همه گونه‌ها یا ژنوتیپ‌های تحت بررسی (X) در محیط‌های مختلف که اصطلاحاً شاخص محیطی[2] نامیده می‌شود، به‌دست می‌آید. شیب مثبت خط نشان‌دهنده افزایش بی‌ثباتی عملکرد، شیب منفی به معنای بهبود (کاهش) بی‌ثباتی و شیب منفی نیز ثبات عملکرد در طی سال‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد (Finlay & Wilkinson, 1963). در پژوهش حاضر، از میانگین عملکرد هر سه محصول زراعی مورد مطالعه در هر سال به عنوان شاخص محیطی در مدل فینلی-ویلکینسون استفاده شد.

رابطه ثبات عملکرد و سطح زیرکشت: به منظور برآورد رابطه ثبات عملکرد با سطح زیرکشت، روند سطح زیرکشت حبوبات در سال‌های مختلف و همچنین قدر مطلق باقیمانده عملکرد هر سال به‌عنوان تابعی از سطح زیرکشت هر محصول بررسی شد. بر این اساس شیب مثبت خط رگرسیونی بین سطح زیرکشت و باقیمانده عملکرد نشان‌دهنده کاهش ثبات، شیب منفی افزایش ثبات و شیب صفر ثبات نسبی عملکرد را نشان می‌دهد. برای برازش معادلات رگرسیونی و تعیین مقادیر باقیمانده‌ها از نرم‌افزار SigmaStat v.1.0 و برای رسم شکل‌ها از MS Excel 2019 استفاده شد.

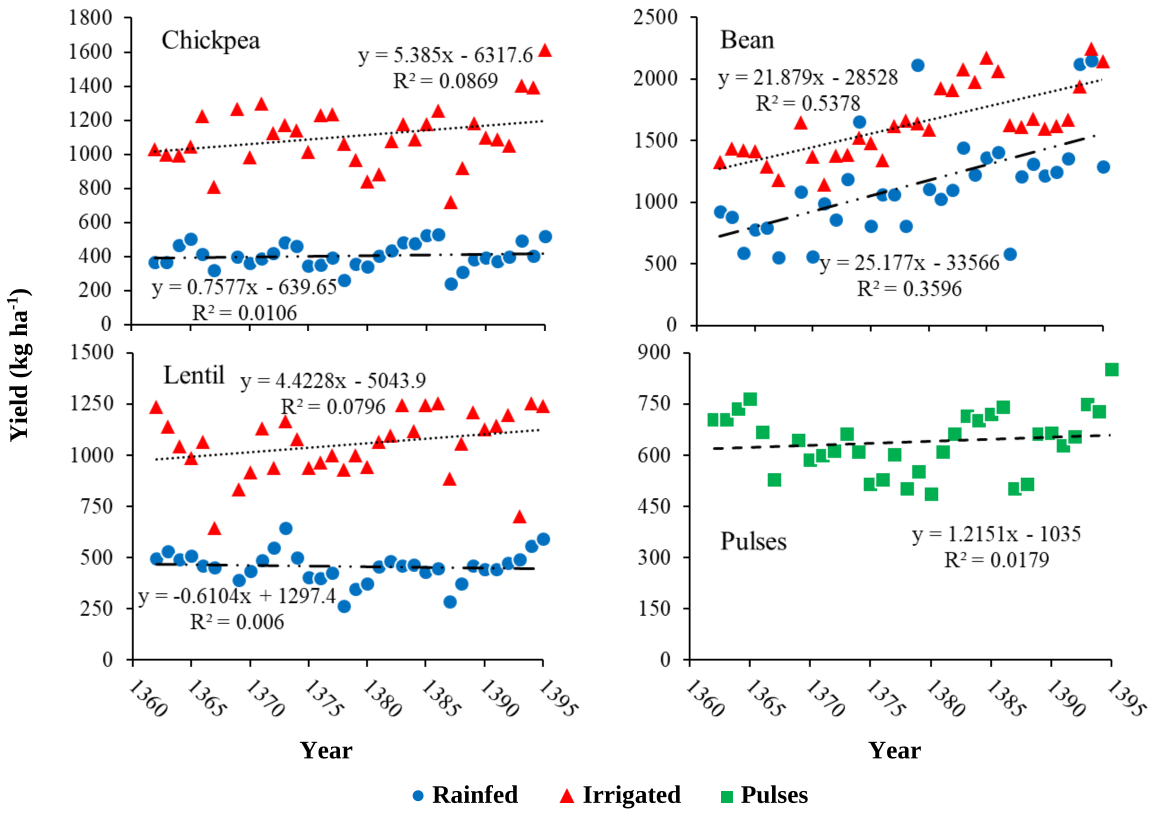
---

۱. Eco-regression

۲. Environmental index (EI)

نتایج و بحث

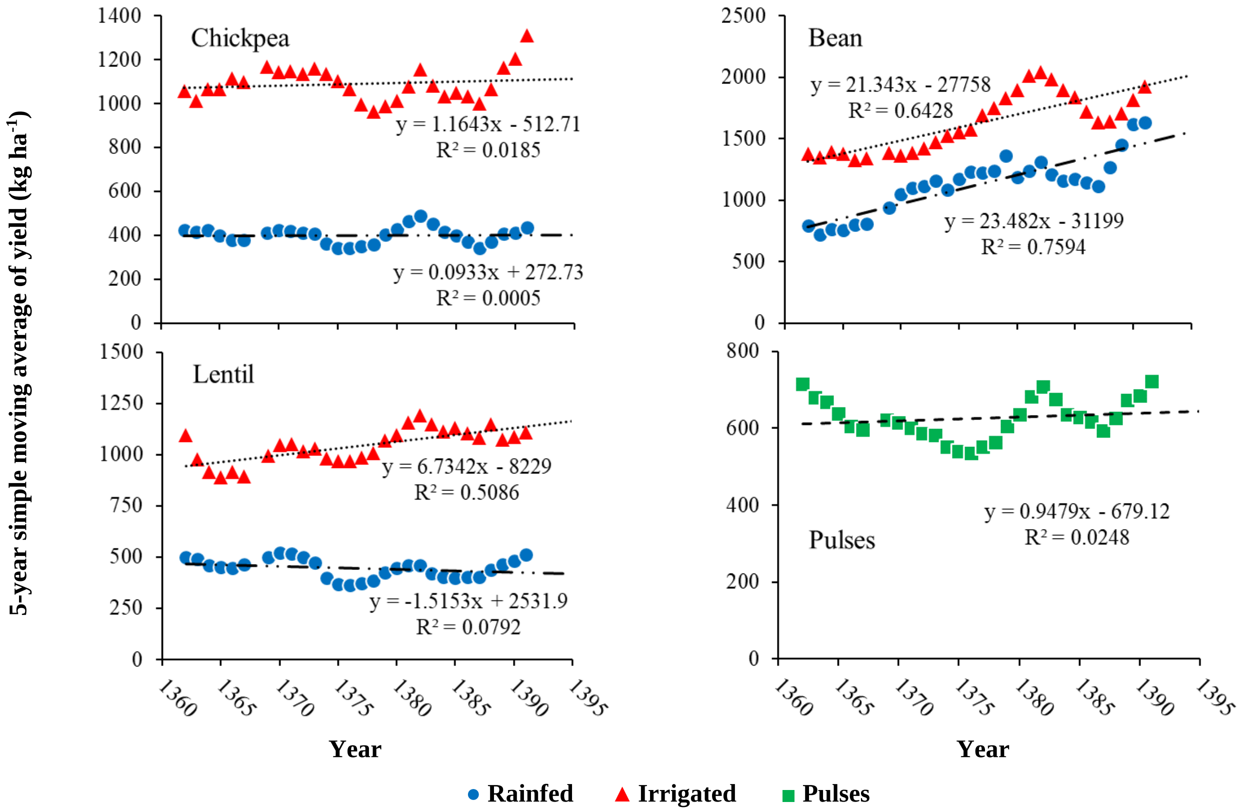
ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس باقیمانده رگرسیون: بر اساس یافته‌ها، عملکرد سالانه حبوبات مورد بررسی شامل نخود، لوبیا، عدس و همچنین کل حبوبات بسیار متغیر بود و بنابراین هیچ یک از مدل‌های رگرسیونی خطی، دوقطعه‌ای و سه‌قطعه‌ای برازش یافته بر عملکردهای مختلف ضریب تبیین قابل‌توجهی نداشتند ($R^2 \leq ۰/۵$)؛ بر همین اساس، تنها نتایج رگرسیون خطی نشان داده شده است (شکل ۱).



شکل ۱- روند ۳۳ ساله عملکرد نخود، لوبیا و عدس دیم و آبی و کل حبوبات ایران

Fig. 1. The 33-year yield trends of rainfed and irrigated chickpea, bean and lentil and pulses of Iran

در طی دوره مورد مطالعه، عملکرد نخود آبی ۵/۳۸کیلوگرم در هکتار در سال و عملکرد نخود دیم مقدار ناچیزی (۰/۷۵ کیلوگرم در هکتار در سال) افزایش یافته است (شکل ۱). عملکرد سالانه لوبیای دیم و آبی و عدس آبی به‌ترتیب ۲۵/۱۷، ۲۱/۸۷ و ۴/۴۲ کیلوگرم در هکتار در سال افزایش داشته، اما روند تغییرات عملکرد عدس دیم منفی و ۰/۶۱ کیلوگرم در هکتار در سال از عملکرد این محصول کاسته شده است. به همین دلیل افزایش عملکرد کل حبوبات نیز ناچیز (۱/۲۱ کیلوگرم در هکتار در سال) بود (شکل ۱). افزایش سالانه عملکرد نخود و عدس آبی اختلاف قابل‌توجهی با لوبیای آبی داشت (به‌ترتیب با اختلاف ۱۶/۴۹ و ۱۷/۴۵ کیلوگرم در هکتار در سال؛ اعداد نمایش داده نشده‌اند). این اختلاف بین نخود و عدس دیم با لوبیای دیم (به‌ترتیب ۲۴/۴۲ و ۲۵/۷۸ کیلوگرم در هکتار در سال) نیز وجود داشت که نشان می‌دهد در طی دوره مورد مطالعه، لوبیا در مقایسه با سایر حبوبات رشد عملکرد بیشتری داشته است. عدم دسترسی به ارقام اصلاح‌شده برای کشت زودهنگام نخود و عدس، کیفیت پایین بذر و بی‌توجهی به رعایت روش‌های زراعی مثل آماده‌سازی مناسب بستر کاشت برای این دو محصول را می‌توان دلیل این امر دانست (Jeuffroy & Ney, 1997). لوبیا گیاهی با رشد سریع است و عملکرد مطلوب آن به میزان زیادی تحت تأثیر فراهمی آب قرار می‌گیرد (Mohamadi *et al.*, 2008). از سوی دیگر لوبیا بر خلاف نخود و عدس، گیاهی تابستانه است و به لحاظ تأثیرپذیری از تغییرات دماهای حدی و تغییرات میانگین دمای فصل رشد ناشی از تغییر اقلیم (Ahmadi *et al.*, 2015)، شرایط متفاوتی را در فصل رشد تجربه می‌کند. البته این موضوع با استفاده از داده‌های موجود قابل اثبات نیست و روشن‌شدن این امر نیازمند مطالعات گسترده در زمینه ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیم بر مناطق عمده‌ی کشت و کار حبوبات کشور و شاخص‌های عملکردی حبوبات خواهد بود.

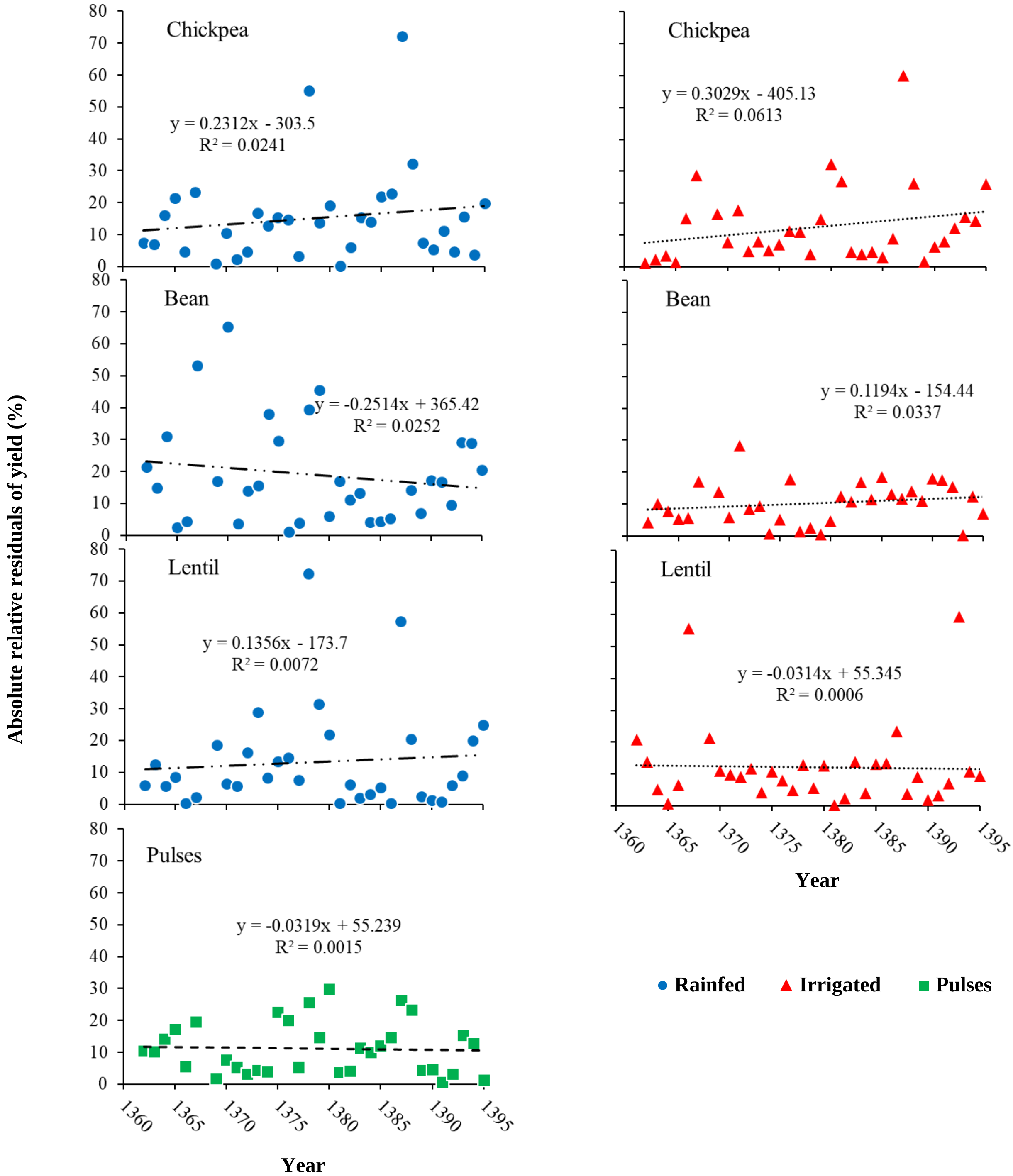


شکل ۲- میانگین متحرک ۵ ساله از روند ۳۳ ساله عملکرد نخود، لوبیا و عدس دیم و آبی و کل حبوبات ایران

Fig. 2. The 5-year simple moving average of 33 years-yield trend of rainfed and irrigated chickpea, bean and lentil and pulses of Iran

همانند نتایج قبلی، میانگین متحرک داده‌های سالانه عملکرد حبوبات نیز نشان داد که تغییرات عملکرد عدس دیم منفی و روند تغییرات عملکرد لوبیای دیم و آبی، افزایشی و بیشتر از نخود آبی و دیم و همچنین کل حبوبات بوده است. شیب خط رگرسیونی میانگین متحرک عملکرد سالیانه عدس دیم (۱/۵۱ کیلوگرم در هکتار در سال) کمتر (منفی‌تر) از این شیب در عملکرد سالانه عدس بود (شکل ۲). اگرچه تغییرات سالانه عملکرد بسیار شدید بوده و روند قابل پیش‌بینی نداشته است، اما به نظر می‌رسد که تمامی عملکردها پس از نقطه اوج خود در سال ۱۳۸۲ در ادامه دوره مطالعه مجدداً کاهش پیدا کرده‌اند (شکل ۲). به‌دلیل مقطعی‌بودن این افزایش، به نظر می رسد که تغییرات بارش عامل اصلی بروز این وضعیت باشد. اگرچه سهم زیادی از نوسانات عملکرد حبوبات به رقابت علف های‌هرز، تاریخ کاشت نامناسب، عملیات زراعی نامطلوب و به‌طور کلی مدیریت غیراصولی محصول نسبت داده می‌شود (Karim Mojni *et al.*, 2004)، اما به نظر می‌رسد با بروز تغییرات اقلیمی، به دلیل تغییرات دماهای حدی و میزان و الگوی بارش‌ها، عملکرد حبوبات نیز همچون دیگر محصولات، با بی‌ثباتی بیشتری مواجه شود (Fischer *et al.*, 2002; Heinemann *et al.*, 2017).

قدر مطلق باقیمانده عملکرد: مقدار مطلق باقیمانده نسبی عملکرد سالیانه در طی دوره ۳۳ ساله مورد مطالعه، بسیار متغیر بوده است. این تغییرات برای نخود دیم ۷۲ درصد (دامنه‌ای از ۰/۱ تا ۷۲/۲ درصد) و برای نخود آبی ۵۸/۳ درصد (از ۱/۵ تا ۵۹/۹ درصد) بود که نشان‌دهنده ثبات کم عملکرد نخود در طی بیش از سه دهه اخیر است. شیب تغییرات سالانه باقیمانده عملکرد نخود آبی (سالانه ۰/۳ درصد) نسبت به دیم (سالانه ۰/۲۳ درصد) بیشتر است، لذا به نظر می‌رسد که در صورت ادامه این روند، عملکرد نخود آبی در آینده ثبات کمتری را نسبت به نخود دیم خواهد داشت (شکل ۳). میزان تغییرات سالانه باقیمانده نسبی عملکرد لوبیای دیم ۶۴/۱ درصد (از ۱/۱ تا ۶۵/۲ درصد) بوده است که با وجود بی‌ثباتی قابل‌توجه، هرساله ۰/۲۵ درصد کمتر شده است.



شکل ۳- روند ۳۳ ساله قدرمطلق باقیمانده نسبی عملکرد نخود، لوبیا و عدس دیم و آبی و کل حبوبات ایران

Fig. 3. The 33-year trend of relative residuals of rainfed and irrigated chickpea, bean and lentil and pulses of Iran

اما این روند برای عملکرد لوبیای آبی، هرساله با حدود ۰/۱۲ درصد افزایش، به سوی بی‌ثباتی بیشتر پیش رفته است ولی با درنظرگرفتن این‌که دامنه تغییرات آن (۰/۲ تا ۲۸/۳ درصد) از نخود دیم کمتر بوده است، می‌توان گفت که ثبات عملکرد لوبیای دیم رو به افزایش و لوبیای آبی رو به کاهش بوده است و در طی دوره زمانی مورد مطالعه، عملکرد لوبیای آبی در مقایسه با لوبیای دیم باقیمانده نسبی بیشتر و در نتیجه ثبات عملکرد کمتری داشته است (شکل۳). عادات رشدی

حبوبات محدود است و این امر توانایی مقابله آن‌ها با تغییرات فراهمی آب را کاهش می‌دهد و از طرفی، آفات و بیماری‌های گیاهی بیشتر و مقاومت کمتر آن‌ها به تهاجم علف‌های‌هرز در مقایسه با سایر گیاهان زراعی و همچنین جنبه‌های مختلف فیزیولوژیکی آن‌ها نوسانات عملکرد حبوبات را افزایش می‌دهد (Reckling *et al*., 2015; Tao *et al*., 2008).

دامنه تغییرات باقیمانده نسبی عملکرد عدس دیم ۷۱/۹درصد (از ۰/۴ تا ۷۲/۳ درصد) و عدس آبی ۵۹/۲ درصد (از ۰/۲ تا ۵۹/۴ درصد) بوده است که حاکی از ثبات بسیار پایین عملکرد عدس می‌باشد. روند افزایشی باقیمانده نسبی عملکرد عدس دیم (افزایش سالانه ۰/۱۳ درصد) نیز نشان‌دهنده افزایش هرساله بی‌ثباتی عملکرد است، اما این روند برای عدس آبی تقریباً ثابت (۰/۰۳- درصد) بوده است که نشان می‌دهد علاوه بر این‌که عدس آبی در طی دوره مورد مطالعه عملکرد بی‌ثبات داشته، هیچ روند رو به بهبودی نیز نداشته است (شکل ۳). حبوبات به شرایط محیطی حساسیت بالایی دارند، لذا نسبت به تنش‌های زیستی نیز حساس هستند و علاوه بر این منبع مقاومت این محصولات نیز هنوز به خوبی شناسایی نشده‌اند؛ از این رو مقاومت‌هایی که نسبت به هر عامل محرک نوسان عملکرد ایجاد می‌شوند، زودگذر و یا به ناحیه خاصی محدود می‌شوند (Parsa & Bagheri, 2008). بنابراین ادامه و گسترش تحقیقات مربوط به ایجاد مدیریت عمودی ژن و مقاومت‌های چندگانه به منظور بهبود ثبات عملکرد حبوبات ضروری به نظر می‌رسد. نخود و عدس به تنش‌های آخر فصل و همچنین بیماری‌ها از جمله برق‌زدگی[1] و پژمردگی فوزاریومی[2] بسیار حساسند و بی‌توجهی به کنترل این بیماری‌ها و همچنین مدیریت نامناسب زراعی به‌ویژه در زمینه بهره‌گیری نامناسب از سموم قارچ‌کش و همچنین کودها، نوسانات زیادی در عملکرد این محصولات ایجاد می‌کند (Taheri *et al*., 2011; Parsa & Bagheri, 2008).

تفاضل عملکرد سالانه حبوبات از میانگین کل عملکرد دوره مورد مطالعه (آنومالی سالانه عملکرد) نیز همچون قدرمطلق باقیمانده نسبی عملکردها بسیار متغیر بود و با توجه به ضریب تبیین رگرسیون بین آنومالی سالانه عملکرد و سال‌های مورد مطالعه می‌توان گفت رابطه رگرسیونی ضعیفی بین آن‌ها وجود داشته است (شکل ۴). همچون نتایج مربوط به روند میانگین متحرک (شکل ۲)، روند آنومالی عملکرد لوبیای آبی و دیم شیب بالاتر و در نتیجه نرخ افزایش عملکرد بیشتری را در مقایسه با سایر حبوبات مورد مطالعه داشت. شیب افزایش آنومالی و در نتیجه افزایش عملکرد لوبیای دیم بیشتر از لوبیای آبی بوده است و مقایسه این دو محصول نشان می‌دهد که ثبات عملکرد لوبیای آبی نسبت به دیم بیشتر بوده است.

درصد ضریب تغییرات (CV): اگرچه روند تغییر درصد ضریب تغییرات لوبیای دیم تقریباً ثابت (۰/۰۲ درصد) بود (شکل ۵)، اما دامنه تغییر ضریب تغییرات عملکرد این محصول (بین ۶/۹ تا ۳۸/۶۷ درصد، با میانگین ۲۵/۳ درصد) بیشتر از دیگر حبوبات مورد مطالعه بود. ضریب تغییرات به‌عنوان معیاری ساده و پُرکاربرد، انحراف معیار عملکرد نسبت به میانگین را در محیط‌ها، دوره‌های زمانی و یا سال‌هایی مختلف اندازه‌گیری می کند، بنابراین ضریب تغییرات بیشتر عملکرد به معنای نوسانات بیشتر و در نتیجه بی‌ثباتی بیشتر عملکرد است (Ray *et al*., 2015) بنابراین لوبیای دیم بیشترین بی‌ثباتی عملکرد را در بین حبوبات مورد مطالعه داشته است.

ضریب تغییرات لوبیای دیم، روند مشخصی را نشان نداد و بر این اساس ثبات عملکرد این محصول در طی دوره مورد مطالعه بی‌تغییر بوده است. این شاخص برای نخود دیم (هر چهارسال ۰/۰۶ درصد معادل ۰/۰۱۶ درصد در سال) بود که نشان‌دهنده ثابت‌بودن آن در طی دوره مورد مطالعه است. از سوی دیگر، ثبات عملکرد نخود آبی به دلیل افزایش ضریب تغییرات عملکرد آن‌ها (هر چهار سال ۰/۳۱ درصد معادل ۰/۰۷۹ درصد در سال) به‌طور مداوم رو به کاهش بوده است (شکل ۵). ضریب تغییرات عملکرد عدس دیم تا حدود سال۱۳۸۰ رو به افزایش بوده و پس از آن کاهش یافته است، اما این روند برای عدس آبی معکوس بوده است، به‌گونه‌ای‌که پس از کاهش ضریب تغییرات عملکرد تا حدود سال ۱۳۷۶، روندی افزایشی داشته است. بنابراین براینـد ایـن نتایج سبب شده تا به‌طور کلی ضریب تغییرات عملکرد کل حبوبات و در نتیجه بی‌ثباتی آن سالانه معادل ۰/۰۳۹ درصد (هر چهارسال ۰/۱۵ درصد) افزایش یابد. Reckling *et al*, (2015) ضمن مطالعه عملکرد ۱۷ساله چاودار (*Secale cereale* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت سیلویی (*Zea mays* L.)، یولاف بهاره (*Avena sativa* L.)، لوپین (*Lupinus angustifolius* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) با استفاده از ضریب تغییرات عملکرد، گزارش کردند که حبوبات (لوپین و نخودفرنگی) ثبات عملکرد کمتری را در مقایسه با سایر گیاهان داشتند. به‌طور کلی عملکرد حبوبات نوسانات زیادی دارد و به نظر می‌رسد تأثیرپذیری زیاد عملکرد از شرایط آب و هوایی ناشی از ضعف مدیریت زراعی (Reckling *et al*.,

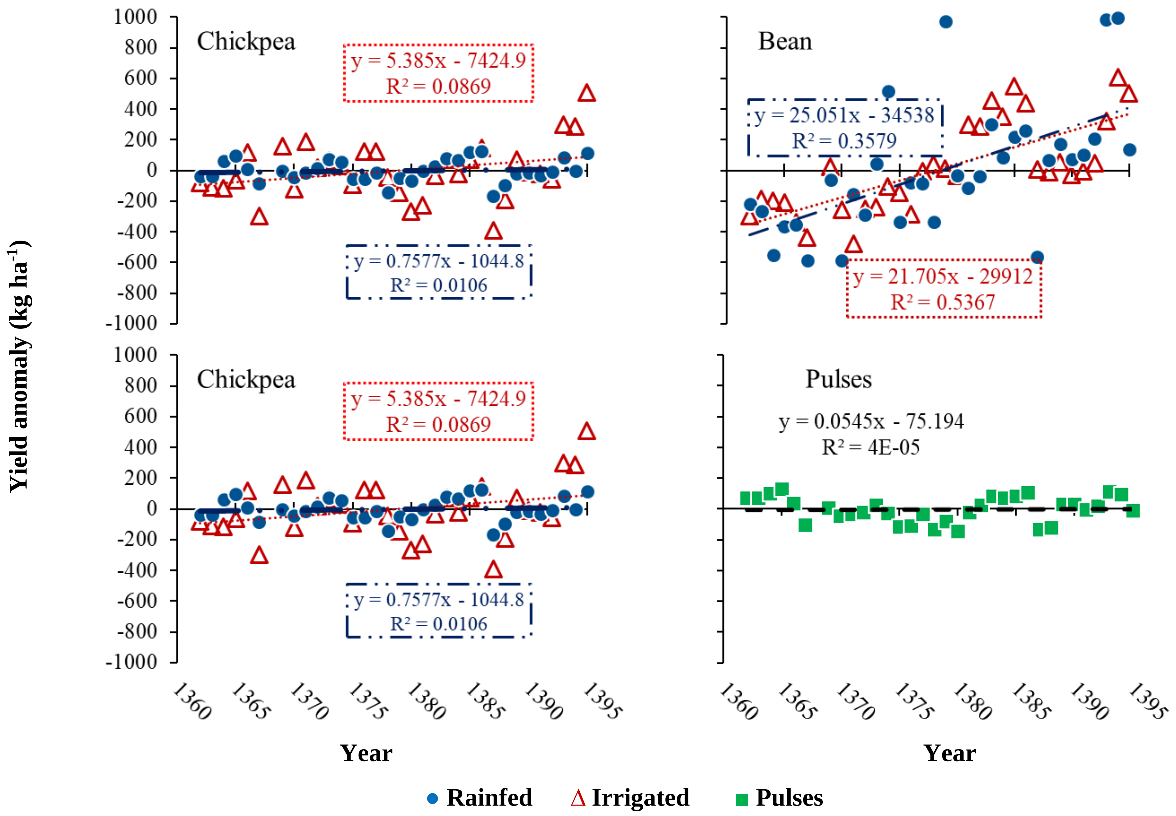
۱. *Didymella rabiei*

۲. *Fusarum oxysporum*

(2015; Ray *et al.*, 2015) مهم‌ترین عامل کاهش ثبات عملکرد حبوبات در ایران باشد.

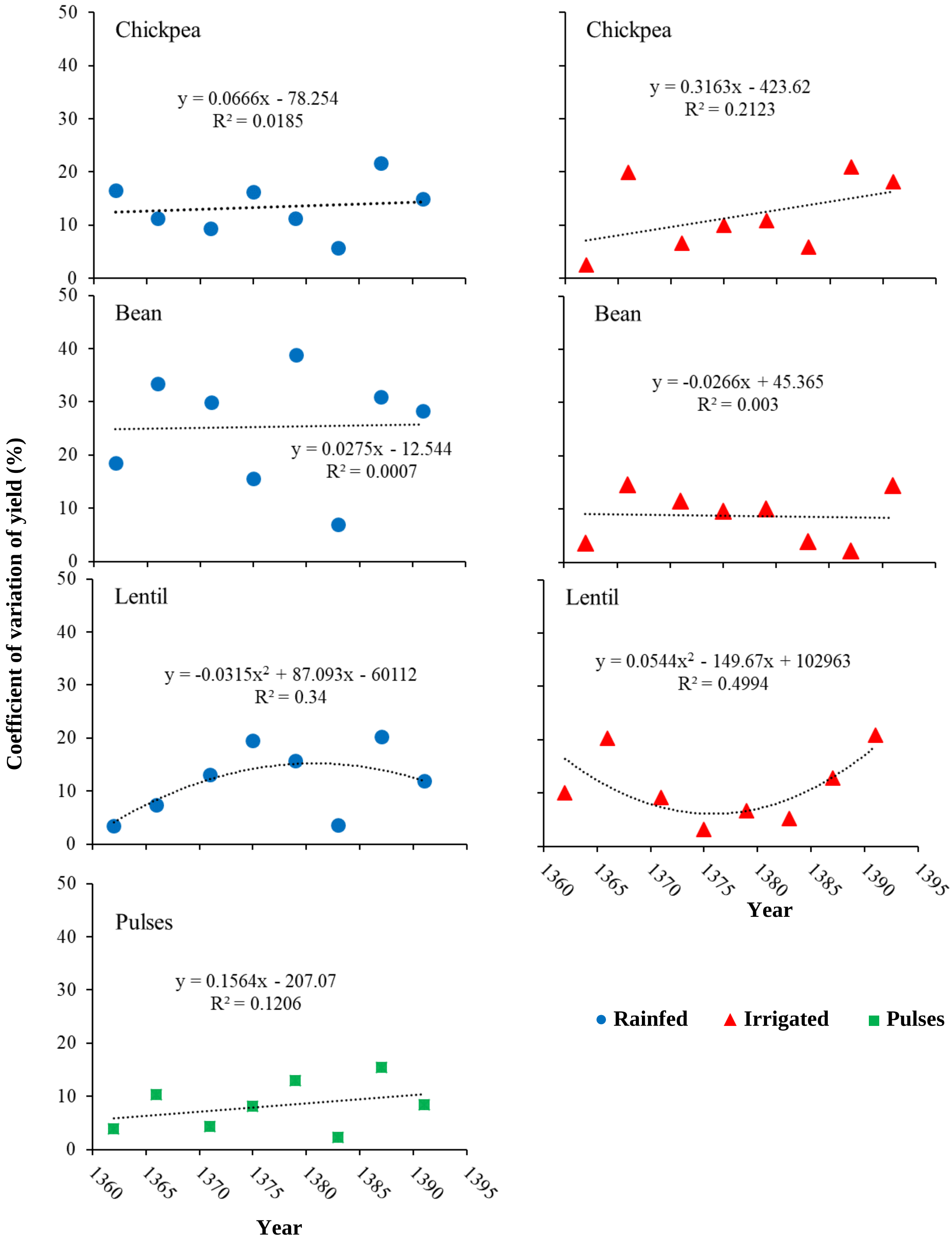
مدل فینلی-ویلکینسون: شیب خط رگرسیون بین عملکرد نسبی سالانه حبوبات مورد بررسی (به‌عنوان شاخص محیطی عملکرد) و عملکرد نسبی هر کدام از حبوبات مورد مطالعه مثبت بود (شکل ۶) که حاکی از بی‌ثباتی قابل‌توجه عملکرد تمامی حبوبات کشور است. از آن‌جا که وجود اثر متقابل بین گیاه زراعی و محیط و یا ژنوتیپ و محیط در تحقیقات زراعی و اصلاحی به‌وسیله تغییرات عملکرد نسبی آن گیاه زراعی و یا ژنوتیپ در سال‌ها یا محیط‌های مختلف تشریح می‌شود (Lopez-Cruz *et al.*, 2018)، بنابراین لوبیای دیم و آبی که دارای بالاترین شیب‌های خط (به‌ترتیب ۱/۴۹ و ۱/۳) بودند، بی‌ثبات‌ترین عملکرد را در بین تمامی حبوبات داشتند.

یکی از دلایل عمده شناخته‌شده در کاهش ثبات عملکرد حبوبات، وابستگی شدید عملکرد به آب و هوا، به‌خصوص در دوره‌های بحرانی فصل رشد است (Baghdadi, 2005)، بنابراین انتظار می‌رود که محصولات دیم ثبات کمتری را نسبت به محصولات آبی داشته باشند؛ اما بر خلاف انتظار، شیب خط رگرسیونی نخود آبی (۰/۸۶) بیشتر از نخود دیم (۰/۴۱) و عدس آبی (۰/۸۴) بیشتر از عدس دیم (۰/۲۸) بود. بنابراین با توجه به این‌که مقدار شیب خط رگرسیون بین عملکرد یک گونه و شاخص محیطی، پاسخ‌گویی آن گونه در برابر تغییرات شرایط محیطی را نشان می‌دهد (De Vita *et al.*, 2010)، می توان گفت که نخود و عدس آبی بی‌ثباتی عملکرد بیشتری را در سال‌های مورد مطالعه در مقایسه با کشت دیم خود داشته‌اند.



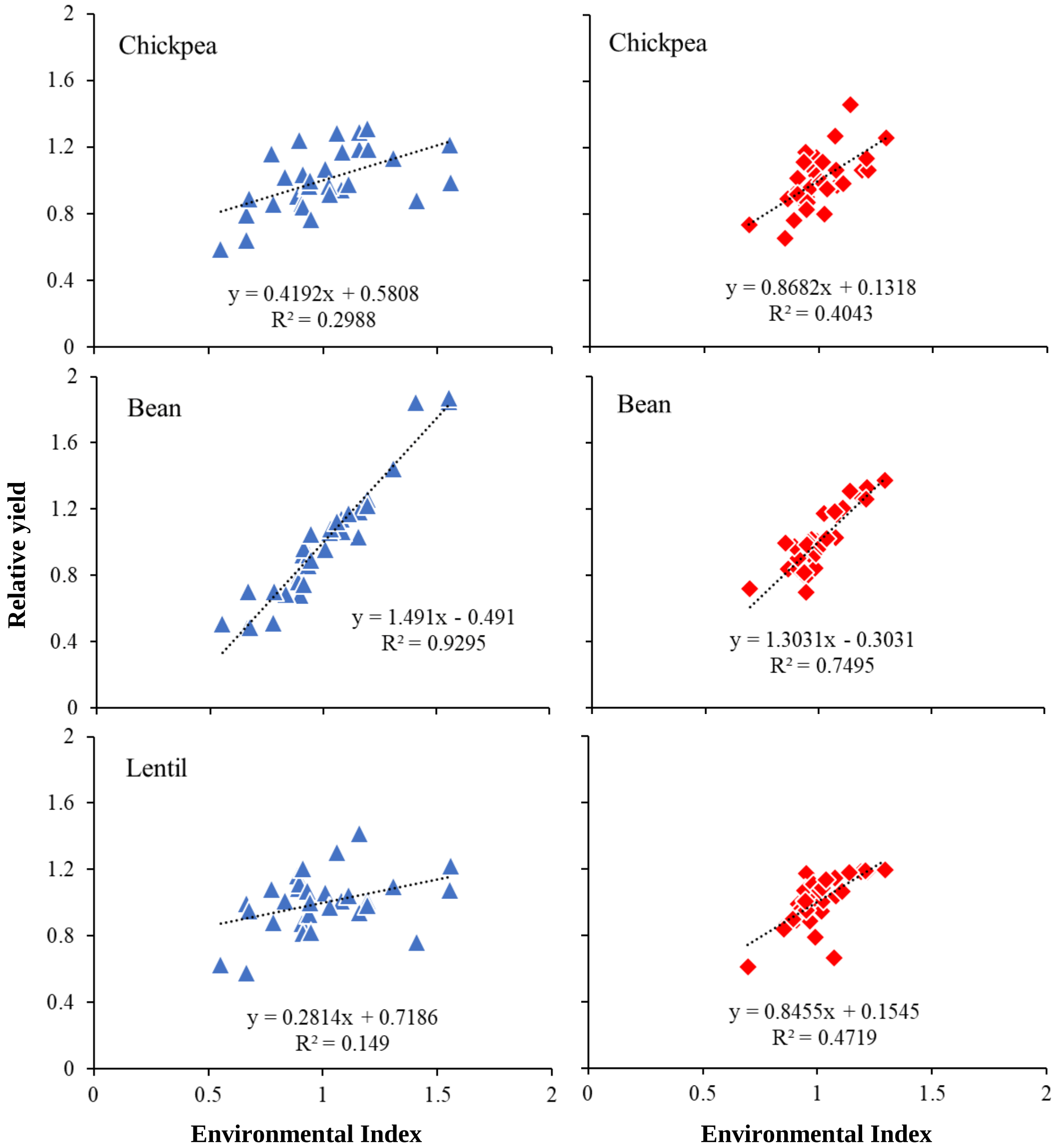
شکل ۴- آنومالی عملکرد در روند ۳۳ ساله عملکرد نخود، لوبیا و عدس دیم و آبی و کل حبوبات ایران

Fig. 4. The 33-year yield trends of yield anomaly of rainfed and irrigated chickpea, bean and lentil and pulses of Iran



شکل ۵- ضریب تغییرات (CV) عملکرد ۳۳ ساله نخود، لوبیا و عدس دیم و آبی و کل حبوبات ایران

Fig. 5. Coefficient of variation of the yield of rainfed and irrigated chickpea, bean and lentil and pulses of Iran



شکل ۶- رابطه بین شاخص محیطی (میانگین نسبی همه حبوبات دیم و آبی در هر سال) و عملکرد نسبی نخود، لوبیا و عدس دیم و آبی در طی ۳۳ سال گذشته

Fig. 6. Relation between environmental index (relative mean of yearly yield of all pulses) and relative yield of rainfed and irrigated chickpea, bean and lentil over the past 33 years

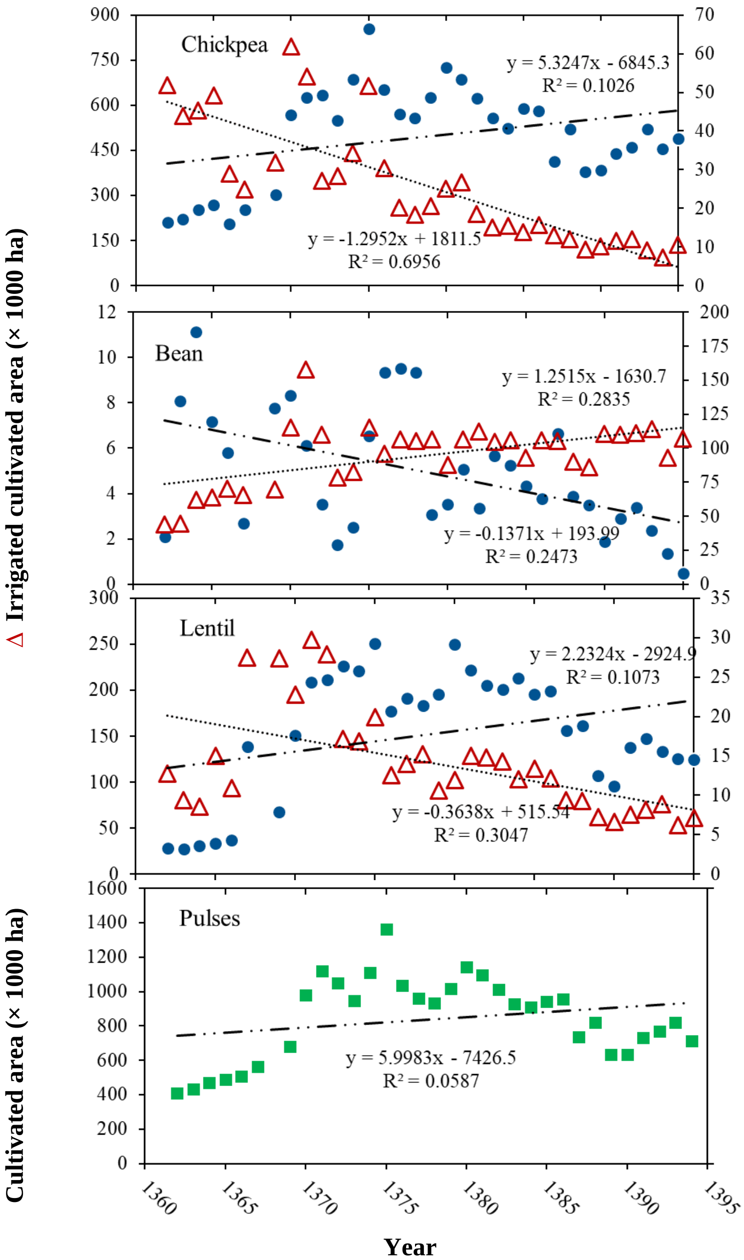
به‌طور کلی نوسانات بارندگی در سال‌های مختلف و تغییرات مقدار و نحوه پراکنش بارندگی‌ها، نوسانات درجه حرارت و عدم وقوع بارندگی و کمبود رطوبت قابل‌دسترس در بخشی از فصل رشد که از ویژگی‌های خاص زراعت دیم است، باعث می‌شود که ریسک تولید زراعت دیم بالاتر و میزان ثبات عملکرد و پایداری تولید نسبت به زراعت‌های آبی کمتر باشد (Hamzei & Seyedi, 2013)، اما ثبات بیشتر عملکرد حبوبات دیم نسبت به آبی در ایران را می‌توان از دو دیدگاه بررسی کرد. اول، اختلاف در مدیریت زراعی و استفاده نامناسب از نهاده‌های تولید است که به‌عنوان موانعی مهم، عملکرد حبوبات آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تهیه بستر نامطلوب و استفاده گسترده از گاوآهن‌های برگردان‌دار در زراعت حبوبات، تراکم و تاریخ کاشت نامطلوب، استفاده از ارقام نامناسب برای هر منطقه، ضعف در به‌کارگیری روش‌های موثر کنترل علف‌های‌هرز (مکانیکی و شیمیایی) و بی‌توجهی به استفاده از کودها (مثل کودهای نیتروژنه به‌عنوان آغازگر و کودهای فسفره در شرایطی که مقدار فسفر خاک کمتر از ۶ میلی‌گرم در کیلوگرم است)، از مهم‌ترین عوامل ایجاد نوسان عملکرد و

کاهش ثبات آن در زراعت آبی حبوبات هستند (Parsa & Bagheri, 2008). دوم، استفاده از بذرهایی برای زراعت دیم حبوبات است که یا توده‌هایی بومی هستند- که اگرچه کم‌بازده اند و عملکرد کمی دارند، اما به شرایط اکولوژیکی مناطق مورد کشت و کار خود سازگاری دارند- یا ارقام اصلاح‌شده‌ای از توده‌های بومی هستند که در مقایسه با ارقام مورد کشت‌وکار در زراعت آبی، کارآیی مطلوب‌تری برای عملکرد بالا و مقاومت در برابر تنش‌های محیطی و مدیریت کمتر دارند (Shobeyri *et al.*, 2015; Xiao *et al.*, 2008; Jeuffroy & Ney, 1997; Dwivedi *et al.*, 2016). در همین راستا، به عقیده Calderini & Slafer (1999) بر اثر به‌نژادی گونه‌های زراعی، شیب خط رگرسیون بین شاخص محیطی و عملکرد در ارقام جدید گیاهان زراعی به طور معنی‌داری از ارقام قدیمی‌تر آن و همچنین توده‌های بومی بیشتر شده است و بنابراین ثبات عملکرد در جریان اصلاح برای بهبود عملکرد کاهش پیدا کرده است.

رابطه ثبات عملکرد و سطح زیرکشت حبوبات: در طی دوره ۳۳ساله مورد مطالعه، بیشترین سطوح زیرکشت حبوبات دیم به‌ترتیب به نخود، عدس و لوبیا تعلق داشت و بیشترین سطح زیرکشت آبی را نیز به‌ترتیب لوبیا، نخود و عدس داشتند (شکل ۷). بررسی روند بلندمدت سطح زیرکشت حبوبات اصلی و کل حبوبات ایران نشان داد که سطح زیرکشت نخود و عدس دیم در حال افزایش و سطح زیرکشت نخود و عدس آبی رو به کاهش بوده است، به‌طوری که سطح زیرکشت نخود دیم سالانه ۵۳۲۴/۷ هکتار افزایش و نخود آبی سالانه ۱۲۹۵/۲ هکتار کاهش پیدا کرده است و سطح زیرکشت عدس دیم نیز سالانه ۲۲۳۲/۴ هکتار افزایش و عدس آبی سالانه ۳۶۳/۸ هکتار کاهش یافته است (شکل ۷). هرساله نسبت سطح زیرکشت نخود و عدس دیم به آبی نیز افزایش پیدا کرده است که این میزان برای نخود از چهار برابر به ۶۲/۷ برابر (افزایش سالانه ۱/۴۸ برابر) و برای عدس از نسبت ۲/۲ برابر به ۲۰ برابر (افزایش سالانه ۰/۵ برابر) رسیده است (شکل ۸). با توجه به نتایج قبلی در خصوص روند بلندمدت افزایش ناچیز عملکرد نخود دیم (شکل ۱) و کاهش ثبات عملکرد آن (شکل ۳ و ۵) و با درنظرگرفتن روند کاهشی عملکرد عدس دیم (شکل ۱) به نظر می‌رسد تغییرات سطح زیرکشت نخود آبی و دیم موجب بهبود ثبات عملکرد آن‌ها نشده است.

با افزایش سطح زیرکشت نخود و عدس دیم، قدرمطلق باقیمانده عملکرد، به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی ثبات عملکرد محصول افزایش یافت که به معنای کاهش ثبات عملکرد این محصولات است. البته با توجه به شیب خط رگرسیونی داده‌ها، عملکرد عدس به مراتب بی‌ثبات‌تر از نخود بوده است (شکل ۹). با توجه به این‌که عملکرد محصولات آبی بیشتر از دیم است (شکل ۱) و سطح زیرکشت نخود و عدس آبی در طی دوره مورد مطالعه به‌طور پیوسته کاهش یافته است (شکل ۷)، این امر به‌علاوه افزایش سطح زیرکشت نخود و عدس دیم را می‌توان یکی از دلایل افت قابل‌توجه ثبات این دو محصول دانست. افزایش زیرکشت نیازمند اجرای سیاست‌های کلان تسهیل‌کننده مکانیزاسیون در جهت مدیریت مؤثر مزارع نیز می‌باشد که خود به عواملی چون جمعیت، تولید ناخالص داخلی، میزان سطح دستمزدها، فقر روستایی، اهداف مکانیزاسیون و سیاست‌های کلان کشور بستگی دارد (Amjadi & Chizari, 2006). از آن‌جا که تاکنون برنامه کلان ملی برای حمایت از افزایش تولید حبوبات وجود نداشته است، به نظر می‌رسد که افزایش سطح زیرکشت حبوبات با توسعه مکانیزاسیون کشاورزی برای این محصولات نیز هماهنگی نداشته است. از دلایل دیگر می‌توان به تغییر کاربری و اختصاص کاربری مراتع کم‌بازده و زمین‌های نامرغوب به کشت محصولات کشاورزی (Joneidi *et al*., 2014; Beheshti *et al*., 2011) اشاره کرد. نوسانات عملکرد و ثبات پایین عملکرد حبوبات یکی از دلایل اصلی عدم تمایل کشاورزان به کشت این محصولات و در نتیجه کاهش سطح زیرکشت آن‌ها است (Von Richthofen *et al*., 2006)، بنابراین بی‌ثباتی فزاینده نخود و عدس آبی موجب می‌شود تا کشاورزان به جای اختصاص زمین‌های آبی خود به کشت این دو محصول، آن را به کشت محصولات دیگر اختصاص دهند.

بر خلاف نخود دیم، نخود آبی در سطوح زیرکشت بالاتر باقیمانده عملکرد کمتری داشته است، بنابراین می‌توان گفت که ثبات بیشتر عملکرد محصول هنگامی به‌دست آمده است که سطح زیرکشت بیشتری به آن اختصاص داده شده است (شکل۹). با توجه به این‌که سطح زیرکشت نخود هرساله کاهش چشمگیری پیدا کرده (شکل ۷)، کاهش ثبات عملکرد نخود آبی را سبب شده است (شکل‌های ۵ و ۶). نتایج پژوهش Nassiri Mahallati & Koocheki (2014) که با روشی مشابه، رابطه بین میزان سطح زیرکشت و ثبات عملکرد غلات ایران را بررسی کرده بودند، حاکی است که با افزایش سطح زیرکشت گندم، جو، برنج، ذرت و مجموع کل غلات، ثبات عملکرد آن‌ها افزایش پیدا کرده است.

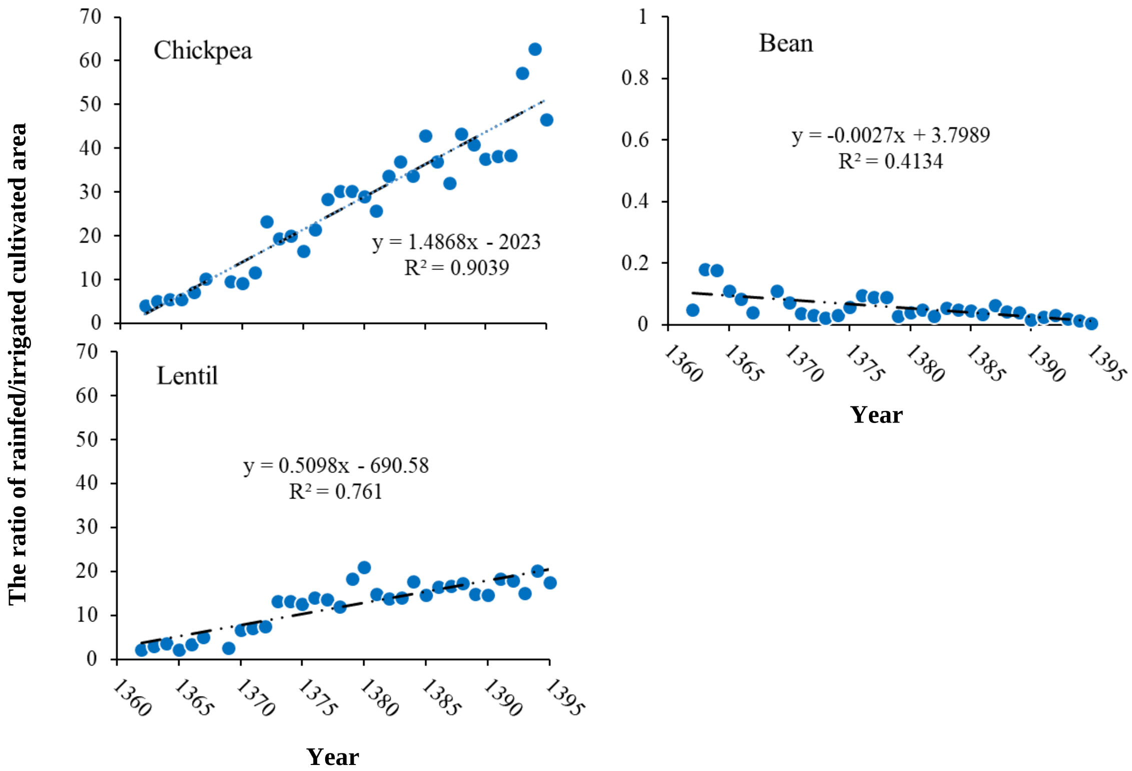


شکل ۷- روند ۳۳ ساله تغییرات سطح زیرکشت نخود، لوبیا و عدس دیم (●) و آبی (Δ) و کل حبوبات (■) ایران

(مقادیر سطح زیرکشت و بنابراین شیب خط یا ضریب x در هر معادله رگرسیونی، ضریبی برابر با ۱۰۰۰ دارند)

Fig. 7. The 33-year trend of cultivated area of rainfed (●) and irrigated (Δ) chickpea, bean and lentil and pulses (■) of Iran

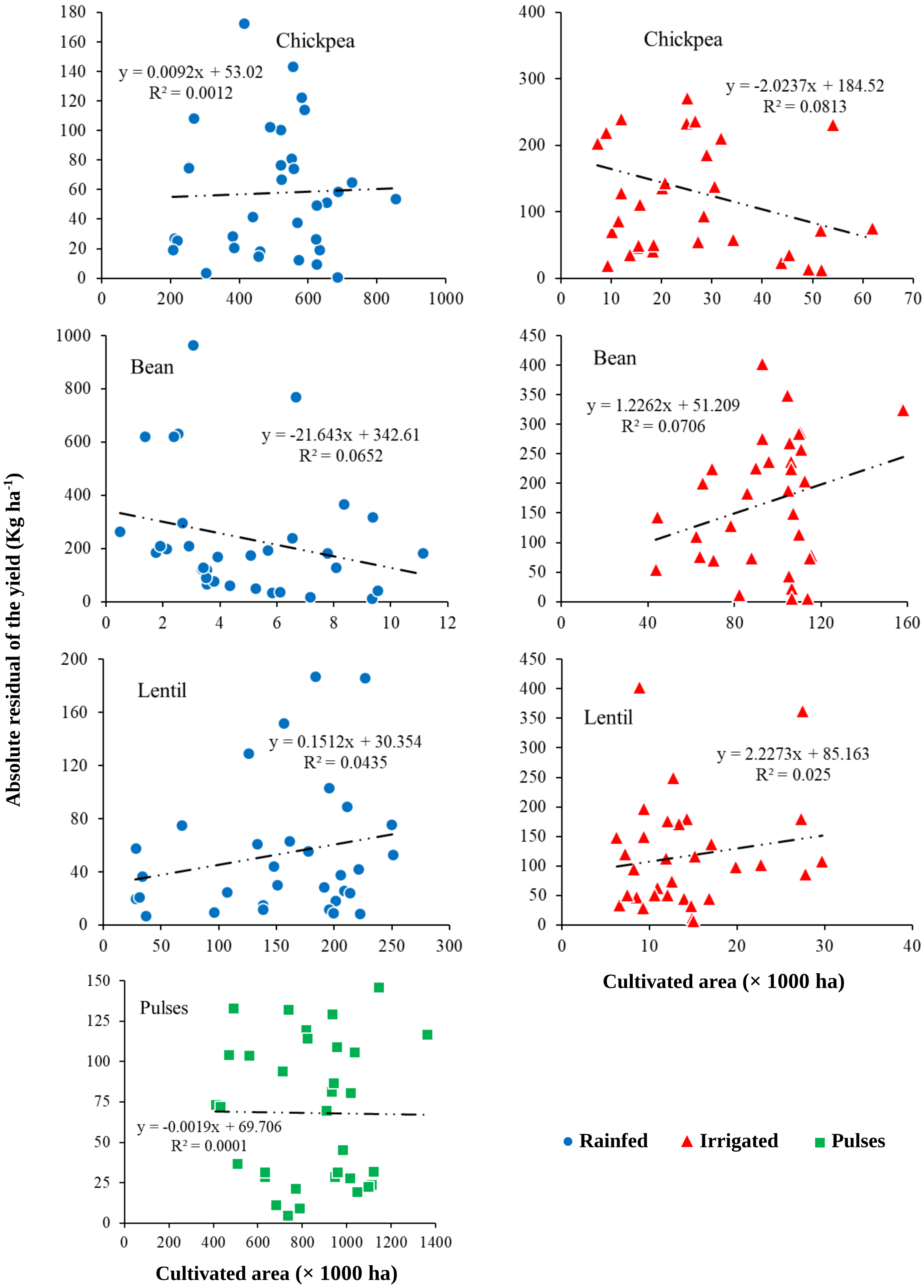
(The values of cultivated area and therefore, the slopes of each regression line or x have a coefficient equal to 1000)



شکل ۸- روند ۳۳ ساله تغییر نسبت سطح زیرکشت دیم به آبی نخود، لوبیا و عدس در ایران

Fig. 8. The 33-year trend of the ratio of rainfed/irrigated cultivated area of chickpea, bean and lentil in Iran

بر خلاف نخود و عدس، سطح زیرکشت لوبیای دیم سالانه به میزان ۱۳۷/۱ هکتار در سال کاهش و لوبیای آبی سالانه ۱۲۵۱/۵ هکتار افزایش پیدا کرده است (شکل ۷)، بنابراین نسبت سطح زیرکشت دیم به آبی لوبیا نیز هرساله کاهش یافته و از ۰/۰۴۸ به ۰/۰۱۴ رسیده است (شکل ۸). نتایج اخیر علاوه بر این‌که نشان‌دهنده روند قابل‌توجه کاهش سطح زیرکشت لوبیای دیم است، حاکی از غلبه قابل‌توجه کشت آبی بر کشت دیم این محصول نیز هست. لوبیا محصولی با کشت تابستانه است و به‌دلیل اقلیم خشک ایران کشت دیم این محصول قاعدتاً در مناطق محدودی از کشور شدنی است. کاهش مداوم ثبات عملکرد لوبیای دیم (شکل ۶)، تغییرات اقلیمی جهانی، خشک‌تر شدن اقلیم ایران (Amiri & Eslamian, 2010) و ازبین‌رفتن امکان کشت دیم لوبیا را شاید بتوان از دلایل عمده کاهش سطح کشت این محصول دانست. Tao *et al*, (2008) نیز تغییر الگوی کشت در مناطق دیم‌خیز را در کاهش سطح زیرکشت محصولات مؤثر می‌داند. لوبیای دیم در سطوح زیرکشت بالاتر قدرمطلق باقیمانده عملکرد مقادیر بیشتر و بنابراین ثبات کمتری داشته است (شکل ۹)، بنابراین با توجه به روند کاهشی سطح زیرکشت این محصول، ثبات عملکرد آن نیز کمتر شده است. برخلاف لوبیای دیم، قدرمطلق باقیمانده عملکرد لوبیای آبی در سطوح زیرکشت بیشتر، کمتر بوده است (شکل ۹)، بنابراین با توجه روند افزایشی سطح زیرکشت لوبیای آبی، ثبات عملکرد آن رو به بهبود بوده است (شکل ۷). عوامل کلان مؤثر بر سطح زیرکشت و عملکرد محصولات کشاورزی و در نتیجه متغیرهای اصلی تأثیرگذار بر مقدار تولید، علاوه بر عوامل اقلیمی، به شرایط اقتصادی، نوع ارقام گیاهان زراعی و باغی مورد استفاده، کفایت منابع آب، استفاده از فناوری‌های جدید در کشاورزی، حمایت‌های دولتی و مزیت نسبی تولید محصولات نیز وابسته است (Zare Abyaneh & Bayat (Varkeshi, 2014; Kanooni, 2016 که همگی این عوامل به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم و پیامدهای آن قرار می‌گیرند. سطح زیرکشت حبوبات در اروپا از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۳ به دلایلی از جمله محدودیت‌های کشاورزی مثل خلاء عملکرد حبوبات و جایگزینی و افزایش تک‌کشتی گسترده دیگر محصولات (تغییر الگوی کشت) و محدودیت‌های مربوط به بازار، حدود ۶۴ درصد کاهش یافته و از ۴/۷ درصد به ۱/۷ درصد از کل زمین‌های کشاورزی اروپا رسیده است (Reckling *et al.*, 2015).



شکل ۹- قدرمطلق باقیمانده عملکرد نخود، لوبیا و عدس دیم و آبی و کل حبوبات ایران به‌عنوان تابعی از سطح زیرکشت

Fig. 9. Absolute residual of the yield of rainfed and irrigated chickpea, bean and lentil and pulses of Iran as the function of the cultivated area

اما در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک (مثل ایران) که نوسانات عملکرد تأثیر قابل‌توجهی از فراهمی آب می‌پذیرد، به نظر می‌رسد پراکندگی‌های زمانی و مکانی بارش‌ها و نوع و مقدار آن‌ها اثر شدیدتری را نسبت به دیگر عوامل تولید بر ثبات عملکرد (Xiao *et al.*, 2008) و در نتیجه، تمایل کشاورزان برای اختصاص زمین‌های کشاورزی خود به کشت حبوبات داشته باشد.

به‌طور کلی افزایش سطح زیرکشت یکی از عوامل مؤثر بر افزایش ثبات عملکرد است و این امر در مطالعات بسیاری همچون یافته‌های (Nassiri Mahallati & Koocheki 2014) نیز گزارش شده، اما افزایش سطح زیرکشت کل حبوبات کشور (شکل ۷) موجب بهبود ثبات عملکرد آن نشده است (شکل ۹). به‌طور کلی حبوبات نوسانات عملکرد سالیانه بیشتر و در نتیجه ثبات عملکرد کمتری در مقایسه با دیگر گیاهان زراعی و به‌خصوص غلات دارند (Zander *et al.*, 2016; Cernay *et al.*, 2015). نتایج بررسی ثبات عملکرد ۴۰ ساله کلزا که در کشورهای مختلف به روش باقیمانده رگرسیون انجام شد، نشان داد که با افزایش سطح زیرکشت، مقدار باقیمانده رگرسیونی کاهش و در نتیجه ثبات عملکرد افزایش یافته است (Rondanini *et al.*, 2012) که نتیجه‌ای متناقض با یافته‌های حاضر است. به عقیده Nassiri Mahallati & Koocheki (2014) به دلیل این‌که هنگام ارزیابی رابطه ثبات و سطح زیرکشت در مقیاس‌های بزرگ، هر دو اراضی کم‌بازده و پربازده در محاسبات وارد می‌شوند، با تعدیل و پوشانده‌شدن تغییرات غیرهم‌جهت، برایند کلی ثبات افزایش پیدا می‌کند. با توجه به آمار مورد بررسی در این پژوهش، حبوبات ایران از تنوع کمی برخوردار هستند و بیش از ۹۰ درصد عملکرد و سطح زیرکشت حبوبات کشور را تنها سه محصول اصلی مورد مطالعه در این پژوهش، یعنی نخود، لوبیا و عدس تشکیل می‌دهد.

Koocheki *et al*, (2006) ضمن بررسی ابعاد مختلف تنوع در محصولات زراعی ایران گزارش کردند که به‌طور کلی نظام‌های زراعی کشور تنوع کمی دارند و این امر به تدریج موجب کاهش ثبات آن‌ها می‌شود، بنابراین به نظر می‌رسد در ایران نیز ثبات کم عملکرد حبوبات یکی از مشکلات اصلی در تولید آن‌ها در مقایسه با سایر گیاهان زراعی بوده است (Kanooni, 2016; Koocheki *et al.*, 2015). همچنین، نوسانات عملکرد را که خود ناشی از عوامل مدیریتی و اقلیمی دیگر است، می‌توان از دلایل عمده عدم بهبود مؤثر سطح زیرکشت حبوبات قلمداد کرد. از آن‌جا که تغییر اقلیم عامل محرکه ایجاد نوسانات بیشتر در عملکرد است (Tao *et al.*, 2008)، بنابراین داشتن درک صحیحی از تغییرات اقلیم و آگاهی از اثرات آن، در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت افزایش سطح زیرکشت و بهبود ثبات عملکرد حبوبات از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است.

نتیجه‌گیری

ثبات عملکرد محصولات کشاورزی در سراسر جهان تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گرفته است. در دهه‌های اخیر در ایران نیز تغییر اقلیم در کنار عدم وجود برنامه‌های کلان افزایش عملکرد حبوبات، ثبات عملکرد آن‌ها را به میزان قابل‌توجهی کاهش داده است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که به‌طور کلی افزایش عملکرد حبوبات کشور قابل‌توجه نبوده و در این راستا، روند بهبود سالانه عملکرد نخود و عدس (چه آبی و چه دیم) به مراتب کمتر از لوبیا بوده است. عملکرد حبوبات در طی ۳۳سال گذشته نوسانات زیادی داشته و ضریب تغییرات عملکرد آن‌ها تقریبا ثابت بوده است. بر اساس نتایج مدل فینلی-ویلکینسون نیز تمامی حبوبات ایران عملکرد بی‌ثباتی داشته‌اند که در این بین، لوبیا کمترین ثبات عملکرد را داشته است. با وجود این‌که ضریب تغییرات عملکرد عدس دیم بیشتر از عدس آبی و روند کاهش ثبات آن شدیدتر بوده است بر اساس مدل فینلی-ویلکینسون افت ثبات عملکرد عدس دیم نسبت به عدس آبی و نیز سایر حبوبات بیشتر بوده است.

سطح زیرکشت نخود و عدس دیم رو به کاهش و نخود و عدس آبی رو به افزایش بوده است. مقدار سطح زیرکشت لوبیای دیم در مقایسه با کشت آبی این محصول ناچیز و روند آن کاهشی بوده، اما این روند برای لوبیای آبی معکوس بود. با توجه به این‌که ثبات عملکرد نخود آبی و لوبیای دیم با میزان سطح زیرکشت آن‌ها رابطه مستقیم داشت، روند تغییرات سطح کشت آن‌ها در خلاف جهت بهبود ثبات عملکرد آن‌ها بود. رابطه ثبات عملکرد با سطح زیرکشت نخود دیم، لوبیای آبی و عدس آبی و دیم معکوس بود. بنابراین بیشترین ثبات عملکرد در شرایطی به‌دست آمد که سطح زیرکشت این محصولات کم بوده است، بنابراین افزایش سطح زیرکشت آن‌ها موجب کاهش ثبات عملکرد آن‌ها شده است.

با توجه به یافته‌های این پژوهش، تدوین سیاست‌های یکپارچه و مؤثر در جهت گسترش پژوهش‌های علمی در زمینه تولید ارقام جدید حبوبات، کاهش خلاء و بهبود ثبات عملکرد آن‌ها و همچنین اقدامات ترویجی و حمایتی در زمینه بهبود مدیریت بوم‌نظام‌های تولید حبوبات و همچنین تخفیف اثرات تغییر اقلیم بر این محصولات، ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

1. Ahmadi, M., Lashkari, H., Keykhosravi, Gh., and Azadi, M. 2015. Analysis of he extreme indices of temperature in order to detection of climate change of great Khorasan. Journal of Geography 13(3): 53-75. (In Persian).
2. Amiri, M.J., and Eslamian, S.S. 2010. Investigation of climate change in Iran. Journal of Environmental Science and Technology 3(4): 208-216.
3. Bénézit, M., Biarnès, V., and Jeuffroy, M.H. 2017. Impact of climate and diseases on pea yields: what perspectives with climate change? Oilseeds and fats, Crops and Lipids Sciences 24(1): 1-9.
4. Beheshti, A., Raiesi, F., and Golchin, A. 2011. The Effects of land use conversion from pasturelands to croplands on soil microbiological and biochemical indicators. Journal of Water and Soil 25(3): 548-562. (In Persian).
5. Calderini, D.F., and Slafer, G.A. 1999. Has yield stability changed with genetic improvement of wheat yield? Euphytica 107: 51-59.
6. Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A., and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomic. Field Crops Research 15: 1-14
7. Cernay, C., Ben-Ari, T., Pelzer, E., Meynard, J.M., and Makowski, D. 2015. Estimating variability in grain legume yields across Europe and the Americas. Scientific Reports 5: 1-11.
8. De Vita, P., Mastrangelo, A.M., Matteu, L., Mazzucotelli, E., Virzì, N., Palumbo, M., Lo Storto, M., Rizza, F., and Cattivelli, L. 2010. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy. Field Crops Research 119: 68-77.
9. Duc, G., Agrama, H., Bao, S., Berger, J., Bourion, V., De Ron, A.M., Gowda, C.L.L., Mikic, A., Millot, D., Singh, K.B., Tullu, A., Vandenberg, A., Vaz Patto, M.C., Warkentin, T.D., and Zong, X. 2015. Breeding annual grain pulses for sustainable agriculture: new methods to approach complex traits and target new cultivar ideotypes. Critical Reviews in Plant Sciences 34(1): 381-411.
10. Dwivedi, S.L., Ceccarelli, S., Blair, M.W., Upadhyaya, H.D., Are, A.K., and Ortiz, R. 2016. Landrace germplasm for improving yield and abiotic stress adaptation. Trends in Plant Science 21(1): 31-42.
11. Food and Agriculture Organization (FAO). 2019a. Adaptation and Yield Stability. Available at website: http://www.fao.org/3/y4391e/y4391e05.htm (Verified 1 October 2019).
12. Food and Agriculture Organization (FAO). 2019b. Measures of Yield Stability and Reliability. Available at website: http://www.fao.org/3/y4391e/y4391e0a.htm (Verified 1 October 2019).
13. Finlay, K.W., and Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Australian journal of agricultural research 14(6): 742-754.
14. Fischer, R.A., Santiveri, F., and Vidal, I.R., 2002. Crop rotation, tillage and crop residue management for wheat and maize in the sub-humid tropical highlands I. Wheat and legume performance. Field Crops Research 79: 107-122.
15. Heinemann, A.B., Ramirez-Villegas, J., Stone, L.F., and Didonet, A.D. 2017. Climate change determined drought stress profiles in rainfed common bean production systems in Brazil. Agricultural and Forest Meteorology 246: 64-77.
16. Jeuffroy, M.H., and Ney, B. 1997. Crop physiology and productivity. Field Crops Research 53: 3-16.
17. Karim Mojni, H., Alizadeh, H.M., Majnoon Hoseyni, N., and Peyghambari, S.A. 2004. Effect of herbicides and handweeding in control of weed in winter seeding and spring sown lentil (*Lens culinaris*). Journal of Iranian Agronomical Sciences 6(1): 68-79. (In Persian with English Summary).
18. Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2016. Climate change effects on agricultural production of Iran: II. Predicting productivity of field crops and adaptation strategies. Iranian Journal of Field Crops Research 14(1): 1-20. (In Persian).
19. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Najibnia, S., Lalehgani, B., and Porsa, H. 2015. Study of pulse crops biodiversity in agroecosystems of Iran. Iranian Journal of Pulses Research 6(2): 19-30. (In Persian with English Summary).
20. Lopez-Cruz, M., Crossa, J., Bonnett, D., Dreisigacker, S., Poland, J., Jannink, J.L., Singh, R.P., Autrique, E., and De los Campos, G. 2015. Increased prediction accuracy in wheat breeding trials using a marker×environment interaction genomic selection model. G3 Journal 5(4): 569-582.
21. Ministry of Agriculture Jihad. 2018. Statistics and Other Publications. Avalible at Website: http://www.maj.ir/Index.aspx?page_=form&lang=1&PageID=11583&tempname=amar&sub=65&methodName=ShowModuleContent (verified 25 November 2018).
22. Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2014. Evaluation of the long-term trend of yield stability in the main cereals of the country. Journal of Agroecology 6(3): 607-621. (In Persian).

23. Parsa, M., and Bagheri, A.R. 2008. Pulses. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Iran. (In Persian).
24. Ray, D.K., Gerber, J.S., MacDonald, G.K., and West, C.P. 2015. Climate variation explains a third of global crop yield variability. Nature Communications 6: 1-9.
25. Reckling, M., Dorling, T.F., Stein-Bachinher, K., Bloch, R., and Bachnger, J. 2015. Yield stability of grain legumes in an organically managed monitoring experiment. Aspects of Applied Biology 128: 57-62.
26. Shobeyri, S.S., Mostafaei, H., Shahab, M.R., and Kamel, M. 2015. Adaptation and seed yield stability of advanced lentil lines under cold rainfed conditions of Iran. Journal of Seedling and Sapling Breeding 31-1(3): 491-508. (In Persian).
27. Taheri, N., Fallahati Rastegar, M., Jafarpour, B., Bagheri, A.R., and Jahanbaghsh, V. 2011. Investigation resistance genotypes of lentil against isolates of Fusarium wilt isolated from north and Razavi Khorasan province. Journal of Plant Production 18(1): 105-118. (In Persian with English Summary).
28. Tao, F., Yokozawa, M., Liu, J., and Zhang, Z. 2008. Climate–crop yield relationships at provincial scales in China and the impacts of recent climate trends. Climate Research 38(1): 83-94.
29. Temesgena, T., Keneni, G., Sefera, T., and Jarso, M. 2018. Yield stability and relationships among stability parameters in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. The Crop Jounal (In Press).
30. Verón, S.R., Paruelo, J.M., and Slafer, G.A. 2004. Interannual variability of wheat yield in the Argentine Pampas during the 20th century. Agriculture, Ecosystems and Environment 103: 177-190.
31. Von Richthofen, J.S., Pahl, H., Bouttet, D., Casta, P., Cartrysse, C., Charles, R., and Lafarga, A. 2006. What do European farmers think about grain legumes? Grain Legumes 45: 14-15.
32. Zander, P., Amjath-Babu, T.S., Preissel, S., Reckling, M., Bues, A., Schläfke, N., Kuhlman, T., Bachinger, J., Uthes, S., Stoddard, F., and Murphy-Bokern, D. 2016. Grain legume decline and potential recovery in European agriculture: a review. Agronomy for Sustainable Development 36(2): 26-46.
33. Zare Abyaneh, H., and Bayat Varkeshi, M. 2014. The long-term statistical study of three indices of annual yield, production and cultivated area of seventeen crops of Khorasan Razavi. Iranian Journal of Field Crops Research 12(3): 403-416. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 196-214 (Research Article)

Evaluation of the long-term trend and yield stability of pulse crops in Iran

Mostafavi[1*], M.J., Hooshmand[1], M. & Nassiri Mahallati[2], M.

1. PhD. Student of Agroecology, Agrotechnology Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad; mj.mostafavi@mail.um.ac.ir & hooshmand.mina@mail.um.ac.ir; respectively
2. Professor, Member of Agrotechnology Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad; mnassiri@um.ac.ir

Received: 18 December 2018
Accepted: 9 November 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.77599

Introduction

Climate change is an undeniable fact, and today this phenomenon has become a global issue. Its effects on crops yield and their stability facing increasing global climate change. Yield stability will be the most serious challenge for maintaining agricultural production and food security. After the cereals, pulses are the second most important source of food in Iran and the world, have great importance in agricultural systems and human nutrition. The yield of pulses has more variation than other crops, so the study of the yield stability of these crops can help the policy makers to develop the plans helping preservation and enhancement of pulses yield. The aim of this study was to research the yield stability of pulse crops in Iran for 33 years using different analytical methods.

Materials and Methods

All available statistics including the yield data on of chickpea, beans, and lentil data for the years 1983 to 2016, were collected from the published statistics by the Iranian ministry of agriculture. The residuals of regression between yield and time of the yields and its trends calculated from linear, bi-lines and tri-lines models which were selected based on the higher coefficient of determination (R^2) and normality of the residuals. Absolute values of the regression residuals were also used to calculate relative residuals of yields. The coefficient of variation (CV) for yields of every 4-year period was calculated by dividing the standard deviation by average. Mean yield of all pulses also were calculated as “Environment Index” to use in Finley-Wilkinson model. The positive slope of the residuals of linear regression, CV and Finlay-Wilkinson model means the increase of yield instability and slope of zero and the negative slope of the linear regression indicates relative stability and increase of stability of the yield, respectively.

Results and Discussion

The increase in rainfed chickpea yield over the studied period was low and close to 0.75 kg ha^{-1} y^{-1}. The trend of rainfed lentil yield was negative with a slope of -0.61 kg ha^{-1} y^{-1} and the highest amount of yield increasement belonged to rainfed and irrigated bean by 25.17 and 21 kg ha^{-1} $y^{-1.}$ All the trends of residuals of pulses were positive that means instability of pulses yields over the studied period. Irrigated chickpea and rainfed lentil showed the highest CV trends and rainfed bean have had the highest range of values of CV. A CV as a simple and widely used parameter can show the standard deviation of the yield over the different environments and years, so higher values and positive trend of CV means higher fluctuations of yield level and its lower stability. Yield stability of the rainfed bean was lower than others but the trend of yield stability of irrigated chickpea and rainfed lentil is more than other pulses. Based on Finley-Wilkinson model, the trend of stability of all pulses was low and negative. Yield stability of the irrigated and rainfed bean was the lowest. Although due to the fact that rainfall is the major factor affecting the rainfed yield, it is expected that the irrigated yields to be more stable than rainfed yields, in contrary to our expectations, based on the results and the slope of the regression of the model, the yield of irrigated chickpea and lentil were more unstable than rainfed yield. The cultivated area of rainfed chickpea and lentil and irrigated beans showed a positive trend during the study period and inversely, the cultivated area of irrigated chickpea and lentil and rainfed

***Corresponding Author:** mj.mostafavi@mail.um.ac.ir

bean were decreased. Absolute residuals of the yield as the indicator of stability (which has an inverse relationship) as a function of cultivated area, increased in about all of the studied crops except irrigated chickpea and rainfed bean. Most stable crops in the larger cultivated area were irrigated chickpea and rainfed bean.

Conclusion

According to the results, the overall trends in the yield increasement of pulse crops in Iran are low. The trend of chickpea and lentil has been much lower than rainfed and irrigated bean. On the other hand, fluctuations in yield over the past decades are high and therefore the stability of the country's pulses is also low. In Iran, it seems essential to development of new integrated and effective policies for the supporting scientific researched in the order to introducing new varieties, reduction of yield gap of pulses crops and improvement of their yield stability, and also education in order to improve the management of the pulse crops agroecosystems, as well as mitigation of the effects of climate change.

Keywords: Coefficient of variation of yield, Finlay-Wilkinson model, Yield anomalies, Yield trend